动 物 学 研 究 2013，Aug. 34(4): 411−416 CN 53-1040/Q ISSN 0254-5853
Zoological Research DOI:10.11813/j.issn.0254-5853.2013.4.0411

不同盐度下人工选育卵形鲳鲹（*Trachinotus ovatus*）子代鳃线粒体丰富细胞结构变化

区又君[1]，刘汝建[1,2]，李加儿[1]，曹守花[1,2]

1. 中国水产科学研究院 南海水产研究所，农业部南海渔业资源开发利用重点实验室，广东 广州 510300
2. 上海海洋大学 水产与生命学院，上海 201306

摘要：该文采用光学显微镜和透射电镜技术观察不同盐度下（5、20、30）人工选育卵形鲳鲹（*Trachinotus ovatus*）鳃线粒体丰富细胞的分布和超微结构变化。结果表明，线粒体丰富细胞主要分布于鳃丝和鳃小片基部，且随盐度升高而体积增大，数量增多；三个盐度组均存在由线粒体丰富细胞、扁平细胞和附细胞构成的顶端小窝，盐度5组线粒体丰富细胞顶膜面积较大，微脊发达，顶端小窝内凹，盐度20和30组线粒体丰富细胞顶膜面积相对较小，微脊不发达，顶端小窝明显内陷；盐度5和30组线粒体丰富细胞胞质内存在发达的微细小管系统，线粒体内脊丰富，盐度20组胞质内微细小管系统分布不均匀，结构松散，部分收缩成珠泡状结构，与粗面内质网相混杂。线粒体丰富细胞的结构变化与其所处的渗透压环境相适应。

关键词：卵形鲳鲹；选育子代；鳃；线粒体丰富细胞；超微结构；盐度
中图分类号：Q959.483 **文献标志码**：A **文章编号**：0254-5853-(2013)04-0411-06

Structural changes in mitochondrion-rich cells in the gills of artificial selected *Trachinotus ovatus* offspring under different salinities

You-Jun OU[1], Ru-Jian LIU[1,2], Jia-Er LI[1], Shou-Hua CAO[1,2]

1. *Key Laboratory of South China Sea Fishery Resources Exploitation & Utilization, Ministry of Agriculture, South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Science, Guangzhou* 510300, *China*
2. *College of Fisheries and Life, Shanghai Ocean University*, *Shanghai* 201306, *China*

Abstract: Distribution and ultrastructural changes in the mitochondrion-rich cells in gills of artificial selected *Trachinotus ovatus* under different salinities (5, 20, and 30) were examined by light and transmission electron micrograph. Results indicated that the mitochondrion-rich cells were mainly present on the base of the gill filaments and branchial leaflets, and the volume and quantity of mitochondrion-rich cells increased with salinity. All three salinity groups had apical crypts, which were constituted by the mitochondrion-rich cells, pavement cells and accessory cells. Mitochondrion-rich cells in the salinity 5 group had large apical membranes with developed microridges and shallow apical crypts. Apical crypts in the salinity 20 and 30 groups had small apical membranes and undeveloped microridges, and were embolic obviously. Cytoplasm of mitochondrion-rich cells in the salinity 5 and 30 groups developed tubular systems and abundant cristae mitochondria. The tubular system of the salinity 20 group was non-spatially constant and had loose structure. Part of the tubular system contracted into a pearl bubble structure and shared rough endoplasmic reticulum. Mitochondrion-rich cells in *Trachinotus ovatus* under salinities 5 and 20 appeared both seawater-type's and freshwater-type's features, and those in salinity 30 had typical characteristics as seawater-type MR cells. Structural changes of mitochondrion-rich cells were suited to different osmotic pressure.

Keywords: *Trachinotus ovatus*; Selective offspring; Gill; Mitochondrion-rich cell; Ultrastructure; Salinity

栖息于水生环境的硬骨鱼类在生存过程中需解决渗透压平衡的问题。鳃不仅是绝大多数鱼类的呼吸器官，且对于维持鱼体的离子和水平衡具重要作用，这些功能的实现与几乎存在于所有海水硬骨鱼类鳃丝上皮的线粒体丰富细胞密切相关。线粒体丰富细胞最初因具有分泌 Cl^-的功能而被命名为泌

收稿日期：2013-03-19；接受日期：2013-04-22
基金项目：国家“863”项目（2006AA10A414），中国水产科学研究院基本科研业务费资助项目（2012A0401，2013A0501）
*通信作者（Corresponding author），E-mail: ouyoujun@126.com
第一作者简介：区又君（1964−），女，研究员，研究方向为鱼类生物学、发育生物学与水产增养殖技术研究

氯细胞。但现已证明其功能不仅限于 Cl^-的分泌，而且对多种离子具有双向转运功能，因此，更适合命名为线粒体丰富细胞（Kaneko et al，2008）。线粒体丰富细胞的细胞质中存在线粒体和微细小管系统，微细小管系统中的 Na^+-K^+/ATPase 可以制造跨细胞膜离子梯度和电化学梯度，对离子转运具关键作用。已有研究表明，在盐度变化过程中广盐性硬骨鱼类线粒体丰富细胞的大小、数量、形状及作用会发生适应性改变（Daborn et al，2001；Kaneko et al，2008；Martínez-Álvarez et al，2005）。

卵形鲳鲹（*Trachinotus ovatus*）隶属鲈形目（Percifomes）鲹科（Carangidae）鲳鲹属（*Trachinotus*）。俗称金鲳、红三、黄腊鲳及红沙等。其肉细嫩无刺，味鲜美，属暖水性中、上层鱼类。在我国主要分布于南海、东海和黄海（Ou & Li，2005），为重要海水养殖鱼类。近年来，极端天气造成的养殖水体盐度急剧变化及养殖、运输过程的环境变化导致卵形鲳鲹大量死亡，对养殖产业造成重创（Ou，2008）。研究盐度对卵形鲳鲹鳃线粒体丰富细胞结构的影响，有助于了解其在极端及多变环境下的机体抗逆力，为良种选育奠定理论基础。目前，我国学者对卵形鲳鲹的研究主要包括鳃的扫描电镜观察、温度及盐度和 pH 对离体鳃组织耗氧量的影响以及胚后发育阶段鳃的分化和发育等各方面（Cai et al，2012；Qi & Ou，2008；Ou et al，2011a，b；Li et al，2007；Wang et al，2011；Ou et al，2012），但是，有关不同盐度条件下卵形鲳鲹鳃线粒体丰富细胞结构变化的研究尚未见报道。本文以人工选育的卵形鲳鲹为研究对象，采用组织显微技术和透射电镜技术，研究其在不同盐度条件下鳃线粒体丰富细胞的超微结构变化，为良种选育的抗逆性研究提供理论指导。

1　材料与方法

1.1　实验材料

实验用鱼为南海水产研究所人工选育的卵形鲳鲹，平均体长（5.14±0.16）cm，平均体质量（1.97±0.24）g。采用经砂滤的自然海区海水，盐度 30，水温 24~25 ℃，pH 7.9~8.7，暂养 14 d，24 h 连续充气。每天早晚各投喂 1 次，投饵量为体质量的 3%。每天换水 1 次，换水量为 1/3，换水温差≤1 ℃。

1.2　实验设计

实验在 50 cm×30 cm×30 cm 的水族箱内进行，设盐度 5、20、30 共 3 个实验组，每组 3 个平行，每个平行放鱼 30 尾，连续充气，溶氧水平（5.49±0.17）mg/L。低盐度实验用水由海水加曝气自来水调配而成，盐度每隔 24 h 降低 5，从达到实验盐度开始，30 d 后取样。

1.3　样品制备

1.3.1　光学显微镜样品制备

活体取右侧第二鳃弓，bouin 氏液固定 24 h；70%的酒精脱色，50%、70%、80%、95%乙醇逐级脱水；石蜡包埋，5 μm 厚度切片；H.E 染色，中性树脂封片，于 ZEISS 型光学显微镜下观察并拍照。

1.3.2　透射电镜样品制备

活体取右侧第二鳃弓，2.5%戊二醛固定；0.1 mol/L 的 PBS 缓冲液（pH7.2）～1 mL 室温冲洗 3 次，1%四氧化锇室温固定；0.1 mol/L 的 PBS 缓冲液（pH7.2）～1 mL 室温冲洗 3 次，30%、50%、70%、80%、95%乙醇逐级脱水，1 mL 丙酮冲洗 3 次；包埋，超薄切片，染色，JEM-100CX II 型透射式电子显微镜拍照观察。

1.4　数据分析

数据结果以 mean±*SD* 表示，用 Spss18.0 进行单因素方差分析（one-way ANOVA），并采用 Duncan 法进行多重比较，P<0.05 表示差异显著，P<0.01 表示差异极显著。

2　结　果

2.1　不同盐度下鳃线粒体丰富细胞显微结构

2.1.1　盐度 5

鳃丝上的鳃小片呈半圆形扁平囊状，排列紧密，近乎平行，平均每毫米鳃丝上具鳃小片 43~45 个。鳃小片上可观察到扁平细胞和血细胞，线粒体丰富细胞主要存在于鳃丝和鳃小片基部。3 种细胞胞核均被苏木素染成浅蓝色，血细胞胞质被伊红染成浅红色，线粒体丰富细胞和扁平细胞胞质被伊红染成很浅的红色。线粒体丰富细胞数量较少，体积偏小，呈近椭圆形，长径（2.71±0.57）μm，短径（1.83±0.0.43）μm，核较小，中位（图 1A）。

2.1.2　盐度 20

平均每毫米鳃丝上具鳃小片 42~44 个。扁平细胞存在于鳃小片和鳃丝，鳃小片血管内存在大量血细胞。线粒体丰富细胞主要存在于鳃丝和鳃小片基部，数量增加，体积较大，近椭圆形，长径（3.72±0.62）μm，短径（2.21±0.14）μm，均显著

大于盐度 5 组（$P<0.05$），核较小，中位。血细胞胞核被苏木素染成蓝色，胞质被伊红染成红色。线粒体丰富细胞和扁平细胞胞质被苏木素染成蓝色，胞质被伊红染成浅红色（图 1B）。

2.1.3　盐度 30

平均每毫米鳃丝上具鳃小片 42~44 个。扁平细胞分布与盐度 20 组一致。线粒体丰富细胞主要存在于鳃丝和鳃小片基部，数量显著增加，体积明显增大，长径（4.08±0.38）μm，与盐度 20 组差异不显著（$P>0.05$），短径（3.02±0.14）μm，显著大于盐度 20 组（$P<0.05$），核较大，中位。H.E 染色结果与盐度 20 相同（图 1C）。

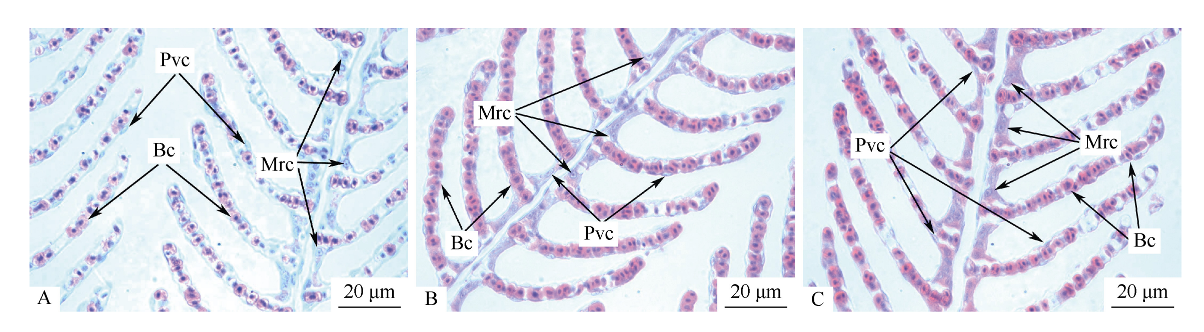


图 1　盐度对卵形鲳鲹鳃的影响

Figure 1　Effect of salinities on gills of *Trachinotus ovatus*

A：盐度 5；B：盐度 20；C：盐度 30；BC：血细胞；MRC：线粒体丰富细胞；PVC：扁平细胞。

A: Salinity 5; B: Salinity 20; C: Salinity 30; BC: Blood cell; MRC: Mitochondrion-rich cell; PVC: Pavement cell.

2.2　不同盐度下鳃线粒体丰富细胞超微结构

2.2.1　盐度 5

线粒体丰富细胞顶膜内凹，波状，顶膜表面积明显增大且微脊发达（图 2A），细胞体积较大，胞质内充满发达的网状微细小管系统（图 2B），线粒体丰富，呈圆形、椭圆形及棒状等，内脊发达（图 2A，B）。扁平细胞表面存在微脊，覆盖于线粒体丰富细胞表面，与线粒体丰富细胞紧密连接，并与附细胞一起，三者共同构成较浅的顶端小窝，开口较大(图 2A，B）。附细胞为处于未分化状态的线粒体丰富细胞，可进一步分化成熟，体积较小，微细小管系统不发达，线粒体数量丰富，内脊较少（图 2A）。

2.2.2　盐度 20

线粒体丰富细胞体积较大，呈近三角形的扁平细胞覆盖于其表面，并与之紧密连接（图 2C）。线粒体丰富细胞顶膜内凹明显，面积减小，与扁平细胞、附细胞构成较深的顶端小窝，开口较小(图 2C)。线粒体丰富细胞胞质内线粒体数量多，内脊不丰富，呈圆形、椭圆形及棒状等（图 2C，D），胞质内微细小管系统较多，分布不均匀，结构较松散，部分微细小管收缩成珠泡状结构，可观察到粗面内质网与珠泡结构相混杂（图 2D）。附细胞体积较小，结构与盐度 5 相同（图 2C）。

2.2.3　盐度 30

线粒体丰富细胞和扁平细胞紧密连接，顶膜内

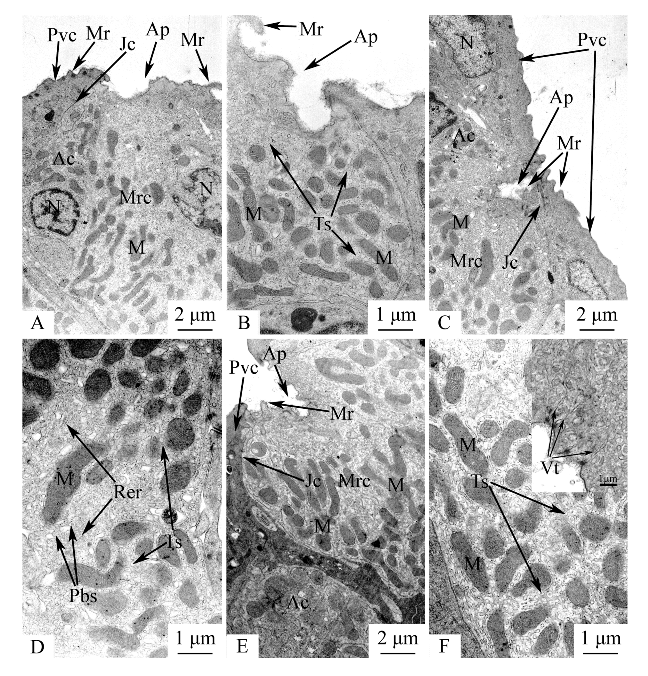


图 2　盐度对卵形鲳鲹鳃线粒体丰富细胞超微结构的影响

Figure 2　Ultrastructural changes of mitochondrion-rich cells in gills of *Trachinotus ovatus* under different salinities

A：盐度 5；B：盐度 5；C:盐度 20；D:盐度 20；E:盐度 30；F:盐度 30；Ac：附细胞；Ap：顶端小窝；JC：紧密连接；M：线粒体；Mr：微脊；Mrc：线粒体丰富细胞；N：细胞核；Pbs：珠泡结构；Pvc：扁平细胞；Rer：粗面内质网；Ts：微细小管系统；Vt：囊管。

A: Salinity 5; B: Salinity; C: Salinity 20; D: Salinity 20; E: Salinity 30; F: Salinity 30. Ac: accessory cell; Ap: apical crypt; Jc: junctional complex; M: mitochondrion; Mr: microridge; Mrc: mitochondrion-rich cell; N: nucleus; Pbs: pearl bubble structure; Pvc: pavement cell; Rer: rough endoplasmic reticulum; Ts: tubular system; Vt: vesicle-tubular.

凹明显，面积较小（图2E）。线粒体丰富细胞、扁平细胞与附细胞共同构成较深的顶端小窝，开口较小（图2E）。顶端小窝附近可见囊管（图2F）。线粒体丰富细胞胞质内充满发达的网状微细小管系统（图2F），线粒体数量多，呈圆形、椭圆形及棒状等，内脊丰富（图2F）。附细胞体积增大，微细小管系统较发达，线粒体饱满，内脊不丰富（图2E）。

3 讨 论

本研究结果表明，三个盐度组卵形鲳鲹线粒体丰富细胞分布无明显变化，主要分布于鳃丝和鳃小片基部，但细胞数量逐渐增多。盐度20和30组线粒体丰富细胞长径无显著差异（P>0.05），但明显大于盐度5组（P<0.05），三个盐度处理组细胞短径逐渐增大且差异显著（P<0.05），说明盐度20和30组线粒体丰富细胞体积明显大于盐度5组，且盐度30组的细胞比盐度20组更加饱满。可见，随着盐度升高线粒体丰富细胞体积随之增大，数量增多，与意大利鲟（*Acipenser naccarii*）、施氏鲟（*Acipenser schrenckii*）、蓝菲鲫（*Oreochromis aureus*）、鲈（*Lateolabrax japonicu*）及鲻（*Mugil cephalus*）等的研究结果相似（Carmona et al，2004；Hou et al，2006；Jiang et al，1998；Wang & Hu，2009；Yu et al，2012）。

透射电镜观察结果表明，三个盐度组线粒体丰富细胞表面均覆盖有扁平细胞。扁平细胞表面存在的微脊，增加了与水分子的接触面积，有利于气体交换，与相邻细胞紧密连接，推测可防止金属离子的自由渗透（Hou et al，2006）。扁平细胞和线粒体丰富细胞是鳃上皮的主要细胞，扁平细胞以被动运输的方式参与鳃的生理功能，而线粒体丰富细胞被认为是鳃发挥主动运输功能的主要位置（Evans et al，2005；He et al，2009；Huang et al，2005；Liao et al，2011）。

在海水硬骨鱼类中，线粒体丰富细胞顶膜相对平滑，内凹明显，面积较小，通常与附细胞形成多细胞复合体，多细胞复合体共同形成一个顶端小窝，该线粒体丰富细胞的线粒体内脊发达，胞质内微细小管系统广泛分布，称为“海水型线粒体丰富细胞”（seawater-type MR cells）（Carmona et al，2004；Evans et al，2005）。存在于淡水鱼类中的线粒体丰富细胞被称为“淡水型线粒体丰富细胞”（freshwater-type MR cells），该型细胞胞质内同样存在线粒体和微细小管系统，但微细小管系统不发达，通常缺少附细胞，单独存在于鳃上皮的扁平细胞间，细胞顶膜面积较大，微脊较多，内凹不明显（Carmona et al，2004）。

本研究结果表明，盐度20和30组线粒体丰富细胞顶膜内凹较盐度5组更加明显，顶端小窝明显加深，与许氏平鲉（*Sebastes schlegelii*）及底鳉（*Fundulus heteroclitus*）的研究结果相似（Katoh et al，2001；Katoh & Kaneko，2003；Wang et al，2006）。盐度5组线粒体丰富细胞顶膜面积明显大于盐度20和30组。3个盐度组线粒体丰富细胞胞质内线粒体数量均较多，盐度5和30组线粒体内脊最为丰富。在盐度变化过程中绝大多数硬骨鱼类的Na^+/K^+-ATPase活性会发生适应性改变（Marshall，2002），海水生型广盐性硬骨鱼类在淡水适应过程中，随着盐度降低，进入鱼体的离子逐渐减少，同时，伴随线粒体丰富细胞体积缩小、数量减少，Na^+/K^+-ATPase活性下降，当降到淡水或较低盐度时，鱼体内离子开始流失，需要从外界吸收离子，Na^+/K^+-ATPase活性重新升高（Wei et al，2001），在等渗点附近，Na^+-K^+/ATPase活力最低（Xu et al，2007）。Fan et al（2012）对卵形鲳鲹不同盐度下Na^+/K^+-ATPase活力的研究显示，其活力随盐度呈“U”型变化，在盐度20时，活力最低，表明卵形鲳鲹等渗点在盐度20附近。盐度高于或低于等渗点时，鱼体需要从外界吸收离子或从鱼体内向外分泌离子，以维持渗透压平衡，并且消耗比盐度20组更多的能量，因此，盐度5时卵形鲳鲹线粒体丰富细胞顶膜面积较大以降低离子渗透性，顶膜上发达的微脊进一步增大了顶膜面积，盐度30时顶膜面积较小以提高离子渗透性（Wei et al，2001）。

卵形鲳鲹盐度5和30组胞质内微细小管系统十分发达。盐度20组胞质内虽然也存在大量微细小管系统，但分布不均匀，结构松散，部分收缩成珠泡状结构，且可见粗面内质网与珠泡结构相混杂。Jiang et al（1998）对蓝菲鲫的研究认为粗面内质网与微细小管系统同源，两者随水体渗透压变化而发生结构上的互相转化，但转化机理尚不清楚。对施氏鲟（Hou et al，2006）、蓝菲鲫（Jiang et al，1998） 和许氏平鲉（Wang et al，2006）在淡水和较低盐度下的研究表明，其线粒体丰富细胞内的微细小管系统不发达，但丰富度随盐度升高而增加，

与本研究结果有所不同。许氏平鲉为黄渤海底层鱼类，水域盐度条件复杂多变，使其拥有区别于广盐性硬骨鱼类的独特渗透压调节系统（Wang et al，2006），施氏鲟和蓝菲鲫均为淡水生型广盐性鱼类，其 Na^+/K^+-ATPase 活力随盐度升高而增加（Wei et al，2001），卵形鲳鲹为海水生型广盐性鱼类，其 Na^+/K^+-ATPase 活力随盐度呈现"U"型变化（Fan et al，2012），而微细小管系统丰富程度呈同样规律。可见，广盐性硬骨鱼类线粒体丰富细胞内微细小管丰富度与 Na^+/K^+-ATPase 活力的变化规律相同，同时说明，Na^+/K^+-ATPase 主要存在于微细小管系统（Dang et al，2000）。因此，微细小管系统对于卵形鲳鲹幼鱼从外界摄取离子及从体内向外分泌离子均发挥重要作用。淡水生型和海水生型广盐性硬骨鱼类在盐度适应过程中其线粒体丰富细胞超微结构变化存在一定差异，该差异主要体现于低渗透压环境下微细小管系统的发达程度。此外，在卵形鲳鲹盐度 30 组顶端小窝附近可见丰富囊管。微细小管系统通过囊管与顶膜相连，是线粒体丰富细胞转运离子的机制之一。

盐度 20 组卵形鲳鲹线粒体丰富细胞胞质内微细小管系统与盐度 5 和 30 组的差异，是由于盐度 20 在等渗点附近，渗透压调节压力较小，因此，微细小管系统不发达。由于微细小管系统中存在大量 Na^+/K^+-ATPase（Dang et al，2000），因此线粒体丰富细胞内 Na^+/K^+-ATPase 减少，使其在盐度 20 时 Na^+/K^+-ATPase 活力最低（Fan et al，2012）。

综上所述，经过 30 d 驯化后，不同盐度条件下卵形鲳鲹线粒体丰富细胞结构出现了一定差异。盐度 5 和 20 组线粒体丰富细胞同时具有"海水型线粒体丰富细胞"和"淡水型线粒体丰富细胞"特征：盐度 5 组线粒体丰富细胞顶膜面积增大明显，顶端小窝较浅，胞质内微细小管系统丰富；盐度 20 组顶膜面积较小，顶端小窝较深，微细小管系统不发达。盐度 30 组线粒体丰富细胞与"海水型线粒体丰富细胞"结构相同。线粒体丰富细胞的结构变化对广盐性硬骨鱼类适应复杂的外界渗透压环境具重要作用。

参考文献：

Cai WC, Ou YJ, Li JE, Sun P. 2012. Development of immune organs at early stages of *Trachinotus ovatus*. *South China Fisheries Science,* **8**(5): 39-45. [蔡文超, 区又君, 李加儿, 孙鹏. 2012. 卵形鲳鲹免疫器官的早期发育. 南方水产科学, **8**(5): 39-45.]

Carmona R, Garcia-Gallego M, Sanz A, Domezain A, Ostos-Garrido MV. 2004. Chloride cells and pavement cells in gill epithelia of *Acipenser naccarii*: ultrastructural modifications in seawater-acclimated specimens. *Journal of Fish Biology,* **64**(2): 553-566.

Daborn K, Cozzi RRF, Marshall WS. 2001. Dynamics of pavement cell-chloride cell interactions during abrupt salinity change in *Fundulus heteroclitus*. *The Journal of Experimental Biology,* **204**(Pt11): 1889-1899.

Dang ZC, Lock RAC, Filk G, Wendelaar Bonga SE. 2000. Na^+/K^+-ATPase immunoreactivity in branchial chloride cells of *Oreochromis mossambicus* exposed to copper. *The Journal of Experimental Biology,* **203**(2): 379-387.

Evans DH, Piermarini PM, Choe KP. 2005. The multifunctional fish gill: Dominant site of gas exchange, osmoregulation, acid-base regulation, and excretion of nitrogenous waste. *American Physiological Society,* **85**(1): 97-177.

Fan CY, Ou YJ, Li JE, Yu N, Su H, Wang G. 2012. Effects of acute salinity stress on Na+-K+-ATP and osmotic pressure of juvenile *Trachinotus ovatus*. *Journal of Oceanography in Taiwan Strait,* **31**(2): 218-224. [范春燕, 区又君, 李加儿, 于娜, 苏慧, 王刚. 2012. 急性盐度胁迫对卵形鲳鲹幼鱼 Na^+-K^+-ATP 酶活性和渗透压的影响. 台湾海峡, **31**(2): 218-224.]

He YL, Ou YJ, Cai WC, Li JR, Xie J. 2009. Light, scanning and transmission electron microscopical observation of gill filaments of *Cromileptes altivelis*. *Journal of South China Agricultural University,* **30**(2): 86-89. [何永亮, 区又君, 蔡文超, 李加儿, 谢菁. 2009. 驼背鲈鳃丝的光镜、扫描和透射电镜观察. 华南农业大学学报, **30**(2): 86-89.]

Hou JL, Chen LQ, Zhuang P, Zhang LZ, Tian HJ, Wang W, Yan WG. 2006. Structural changes of chloride cells in gills epithelia of juvenile *Acipenser schrenckii* acclimated to various salinities. *Journal of Fisheries of China,* **30**(3): 316-322. [侯俊利, 陈立侨, 庄平, 章龙珍, 田宏杰, 王伟, 闫文罡. 2006. 不同盐度驯化下施氏鲟幼鱼鳃泌氯细胞结构的变化. 水产学报, **30**(3): 316-322.]

Huang JH, Li JE, Liu C, Ou YJ. 2005. A scanning electron microscopical observation of the gills of *Epinephelus fario* (Thunberg) and *Siniperca kneri* Garman. *Zoological Research,* **26**(1): 82-88. [黄建华, 李加儿, 刘匆, 区又君. 2005. 鲑点石斑鱼和大眼鳜鳃的扫描电镜观察. 动物学研究, **26**(1): 82-88.]

Jiang M, Ru SG, Liu XY, Fan RQ. 1998. Preliminary study on the change of structure of chloride cell of gill of *Oreochromis Aureus* (*Steindachner*) under different salinities. *Journal of Ocean University of Qingdao,* **28**(4): 603-608. [姜明, 汝少国, 刘晓云, 范瑞青. 1998. 不同盐度下蓝非鲫鳃泌氯细胞的结构变化. 青岛海洋大学学报: 自然科学版, **28**(4): 603-608.]

Kaneko T, Watanabe S, Lee KM. 2008. Functional morphology of mitochondrion-rich cells in euryhaline and stenohaline teleosts. *Aqua-BioScience Monographs,* **1**(1): 1-62.

Katoh F, Kaneko T. 2003. Short-term transformation and long-term replacement of branchial chloride cells in killifish transferred from seawater to freshwater, revealed by morphofunctional observations and a newly established 'time-differential double fluorescent staining' technique. *The Journal of Experimental Biology,* **206**(22): 4113-4123.

Katoh F, Hasegawa S, Kita J, Takagi Y, Kaneko T. 2001. Distinct seawater

and freshwater types of chloride cells in killifish, *Fundulus heteroclitus*. *Canadian Journal of Zoology,* **79**(5): 822-829.

Li JE, Ou YJ, Liu C. 2007. A scanning electron microscopic observation and function analysis of the gill of red snapper *Lutjanus erythopterus* and ovate pampano *Trachinotus ovatus. Marine Fisheries Research,* **28**(6): 45-50. [李加儿, 区又君, 刘匆. 2007. 红笛鲷和卵形鲳鲹鳃的扫描电镜观察与功能探讨. 海洋水产研究, **28**(6): 45-50.]

Liao GY, Ou YJ, Li JE. 2011. Light, scanning and transmission electron microscopical observation of gill filaments of *Cheilinus undulatus. Chinese Journal of Zoology,* **46**(1): 7-15. [廖光勇, 区又君, 李加儿. 2011. 波纹唇鱼鳃丝的光镜、扫描和透射电镜观察. 动物学杂志, **46**(1): 7-15.]

Marshall WS. 2002. Na^+, Cl−, Ca^{2+} and Zn^{2+} transport by fish gills: retrospective review and prospective synthesis. *Journal of Experimental Zoology,* **293**(3): 264-283.

Martínez-Álvarez RM, Sanz A, García-Gallego M, Domezain A, Domezain J, Carmona R, del Ostos-Garrido MV, Morales AE. 2005. Adaptive branchial mechanisms in the sturgeon *Acipenser naccarii* during acclimation to saltwater. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A: Molecular & Integrative Physiology,* **141**(2): 183-190.

Ou YJ, Li JE. 2005. Early embryonic development in *Trachinotus ovatus*. *Journal of Fishery Sciences of China,* **12**(6): 786-789. [区又君, 李加儿. 2005. 卵形鲳鲹的早期胚胎发育. 中国水产科学, **12**(6): 786-789.]

Qi XD, Ou YJ. 2008. Expression of five kinds of isozyme in different tissues of *Trachinotus ovatus*. *South China Fisheries Science,* **4**(3): 38-42. [齐旭东, 区又君. 2008. 卵形鲳鲹不同组织同工酶表达的差异. 南方水产, **4**(3): 38-42.]

Ou YJ. 2008. Impact on fishery production by frost disaster in southern China. *Chinese Fisheries Economics,* **26**(4): 89-93. [区又君. 2008. 低温冰冻灾害对我国南方渔业生产的影响、存在问题和建议. 中国渔业经济, **26**(4): 89-93.]

Ou YJ, Luo Q, Li JE. 2011a. Distribution and cryopreservation of alkaline phosphatase (AKP) and acid phosphatase (ACP) in *Trachinotus ovatus. South China Fisheries Science,* **7**(2): 49-54. [区又君, 罗奇, 李加儿. 2011a. 卵形鲳鲹碱性磷酸酶和酸性磷酸酶的分布及其低温保存. 南方水产科学, **7**(2): 49-54.]

Ou YJ, He YL, Li JE. 2012. Differentiation and development of the gill in *Trachinotus ovatus* during larval and juvenile development. *Journal of Fishery Sciences of China,* **19**(1): 13-21. [区又君, 何永亮, 李加儿. 2012. 卵形鲳鲹胚后发育阶段鳃的分化和发育. 中国水产科学, **19**(1): 13-21.]

Ou YJ, Luo Q, Li JE, Fan CY. 2011b. Study on digestive enzymes activities of *Trachinotus ovatus* I. Comparison of their distribution in different digestive organs of adult and young fish. *South China Fisheries Science,* **7**(1): 50-55. [区又君, 罗奇, 李加儿, 范春燕. 2011b. 卵形鲳鲹消化酶活性的研究Ⅰ. 成鱼和幼鱼消化酶活性在不同消化器官中的分布及其比较. 南方水产科学, **7**(1): 50-55.]

Wang G, Li JE, Ou YJ, Wang JX. 2011. Effects of temperature, salinity and pH on oxygen consumption of gill tissue in vitro of juvenile *Trachinotus ovatus. South China Fisheries Science,* **7**(5): 37-42. [王刚, 李加儿, 区又君, 王静香. 2011. 温度、盐度、pH 对卵形鲳鲹幼鱼离体鳃组织耗氧量的影响. 南方水产科学, **7**(5): 37-42.]

Wang XJ, Zhang XM, Jiang M. 2006. Salinity stress on the Ultrastructure of gill, head kidney and spleen of rockfish (*Sebastes schlegeli*). *Periodical of Ocean University of China,* **36**(Z1): 85-90. [王晓杰, 张秀梅, 姜明. 2006. 盐度胁迫对许氏平鲉鳃、头肾、脾脏超微结构的影响. 中国海洋大学学报: 自然科学版, **36**(Z1): 85-90.]

Wang Y, Hu XC. 2009. Microscopical observation on the gill structure of juvenile *Lateolabrax japonicas* under different salinities. *Marine Sciences,* **33**(12): 138-142. [王艳, 胡先成. 2009. 不同盐度下鲈鱼稚鱼鳃的显微结构观察. 海洋科学, **33**(12): 138-142.]

Wei XH, Ru SG, Xu L, Isoda H. 2001. Structural and functional changes of euryhaline fish branchial chloride cell and hormonal regulation during seawater and freshwater adaptation. *Marine Sciences,* **25**(4): 16-20. [魏渲辉, 汝少国, 徐路, Isoda H. 2001. 海水和淡水适应过程中广盐性鱼类鳃氯细胞的形态与功能变化及其激素调节. 海洋科学, **25**(4): 16-20.]

Xu LW, Liu GF, Wang RX, Su YL, Guo ZX, Feng J. 2007. Effects of abrupt salinity stress on osmoregulation of juvenile *Rachycentron canadum*. *Chinese Journal of Applied Ecology,* **18**(7): 1596-1600. [徐力文, 刘广锋, 王瑞旋, 苏友禄, 郭志勋, 冯娟. 2007. 急性盐度胁迫对军曹鱼稚鱼渗透压调节的影响. 应用生态学报, **18**(7): 1596-1600.]

Yu N, Li JE, Ou YJ, Wang YC, Su H. 2012. Structural changes in gill and kidney of juvenile grey mullet under different salinity. *Ecological Science,* **31**(4): 424-428. [于娜, 李加儿, 区又君, 王永翠, 苏慧. 2012. 不同盐度下鲻鱼幼鱼鳃和肾组织结构变化. 生态科学, **31**(4): 424-428.]